

LAPORAN TUGAS PRARANCANGAN PABRIK

SODIUM KLOLAT DARI SODIUM KLORIDA DENGAN PROSES HURON KAPASITAS 7.150 TON PER TAHUN



Oleh:

AMI RAHMAWATI
D 500 040 024

Dosen Pembimbing :

1. Ir. H.Haryanto, M.S. (NIP. **199 307 051 990 031 002**)
2. Dr.Ir.Ahmad M Fuadi, M.T (NIK. 618)

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2010**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Kebutuhan Sodium Klorat di Indonesia dewasa ini terus meningkat yaitu pada industri kertas, industri tekstil, industri insektisida maupun pada industri-industri lain yang menggunakan Sodium Klorat. Kegunaan dari Sodium Klorat ini adalah sebagai obat pembasmi rumput liar, pemutih (*bleaching agent*) dalam industri kertas sedang di dalam industri tekstil Sodium Klorat ini digunakan sebagai pelembut untuk *cotton*.

Selama ini kebutuhan Sodium Klorat dipenuhi dengan mengimpor dari negara lain, seperti Jepang, Taiwan, Amerika, Kanada dan Korea. Oleh karena itu pembangunan pabrik ini sangat menguntungkan sekali bagi negara Indonesia. Data impor menunjukkan bahwa kebutuhan Indonesia akan Sodium Klorat cukup tinggi yaitu 243.213 kg selama tahun 2002. Bahan baku pabrik Sodium Klorat ini adalah garam dapur yang dapat dipenuhi dari pabrik garam yang banyak berdiri di Indonesia.

Dengan pertimbangan tersebut dan ketersediaan bahan baku garam dapur yang cukup banyak, maka dipandang perlu untuk mendirikan pabrik Sodium Klorat di Indonesia.

a.2. Kapasitas Pabrik

Dalam penentuan kapasitas rancangan pabrik ini diperlukan beberapa pertimbangan, yaitu kebutuhan produk, ketersediaan bahan baku dan kapasitas rancangan minimum.

1.2.1. Kebutuhan NaClO_3

Kebutuhan Sodium Klorat di Indonesia cukup banyak dan semuanya diperoleh melalui impor, hal ini dapat dilihat dari impor NaClO_3 pada tahun 2002 sebesar 243.213 kg (BPS,2002).

1.2.2. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku utama Sodium Klorat adalah garam (NaCl), bahan baku pembantu seperti $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, HCl dan H_2O . Kebutuhan NaCl dapat dipenuhi dari PT. Garam Industri Surabaya, Jatim. Sedangkan bahan pembantu seperti HCl dapat dipenuhi dari PT. Industri Soda Indonesia, Sidoharjo, Jatim.

1.2.3. Kapasitas Pabrik Sodium Klorat

Tabel 1.1. Data Impor Sodium Klorat

Tahun	Berat (kg)
1996	641.874
1997	840.514
1998	381.486
1999	561.550
2000	445.486
2001	176.648
2002	243.213

(Badan Pusat Statistik tahun 2002)

Tabel 1.2. Produsen Sodium Klorat di Negara Amerika dan Kapasitasnya Pada Tahun 1991.

No.	U.S.Producer	Location	Capacity, ton
1.	<i>American Pacific</i>	<i>Cedar City, Utah</i>	6.000
2.	<i>Atochem</i>	<i>Portland, Oreg</i>	22.000
3.	<i>Atochem</i>	<i>Tacoma, Wash</i>	22.000
4.	<i>Brunswick Chemical</i>	<i>BrunswickGa</i>	195.000
5.	<i>Eka Nobel</i>	<i>Colombus, Miss</i>	135.000
6.	<i>Eka Nobel</i>	<i>Moses Lake, Wash</i>	45.000
7.	<i>Georgia Gulf</i>	<i>PlquemineLa</i>	29.000
8.	<i>Huron Technology</i>	<i>Riegel wood, N.C</i>	38.000

9.	<i>Huron Technology</i>	<i>ClairborneAla</i>	41.000
10.	<i>Kerr McGee</i>	<i>Hamilton, Miss</i>	135.000
11.	<i>Kerr McGee</i>	<i>HendersonNev</i>	12.000
12.	<i>Occidental Chemical</i>	<i>Taft, La</i>	55.000
Total United States			630.000

(Kirk & Orthmer, 1979)

Tabel 1.3. Produsen Sodium Klorat di Negara Kanada dan Kapasitasnya Pada Tahun 1991.*Canadian Produser*

No.	Canadian Producer	Location	Capacity, ton
1.	<i>Albchem</i>	<i>Bruderhein, Alta</i>	25.000
2.	<i>Albright Wilson</i>	<i>Buckingham, Que</i>	128.000
3.	<i>Albright Wilson</i>	<i>N.VancouverB.C.</i>	77.000
4.	<i>Albright Wilson</i>	<i>Thunderbay, Ont</i>	52.000
5.	<i>BC Chemical</i>	<i>Prince George, B.C.</i>	50.000
6.	<i>Canadian Oxy</i>	<i>Amhersburg. Ont</i>	45.000
7.	<i>Canadian Oxy</i>	<i>Brandon, Man</i>	86.000
8.	<i>Canadian Oxy</i>	<i>Bruderhein, Alta</i>	50.000
9.	<i>Canadian Oxy</i>	<i>Nanaimo, B.C.</i>	16.000
10.	<i>Canadian Oxy</i>	<i>Squamish</i>	14.000
11.	<i>Eka Nobel</i>	<i>Magoa, Que</i>	123.000
12.	<i>Eka Nobel</i>	<i>Valleyfield, Que</i>	110.000
13.	<i>Saskatoon Chem</i>	<i>Saskatoon, Sask</i>	45.000
14.	<i>St. Anne Chem</i>	<i>Nackawick, N.B</i>	10.000
15.	<i>Stanchem (PPG)</i>	<i>Beauharnis, Que</i>	41.000
Total Canada			872.000

(Kirk & Orthmer, 1979)

Berdasarkan kebutuhan pasar, ketersediaan bahan baku dan kapasitas pabrik-pabrik yang telah berdiri maka ditetapkan kapasitas pabrik sebesar 7.150 ton / tahun dengan maksud untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yaitu \pm 243 ton dan sisanya untuk di ekspor.

a.3. Lokasi Pabrik

Pabrik ini direncanakan akan didirikan di kawasan Industri Sidoarjo, Jawa Timur.

Faktor utama pendukung penentuan lokasi pabrik ini adalah: (Peters,2002).

a. Letak sumber bahan baku

Bahan baku garam diperoleh dari PT. Garam Industri Surabaya, larutan HCl diperoleh dari PT. Industri Soda Indonesia, Waru, Sidoarjo, sedang bahan pembantu $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ diperoleh dari Industri Bahan Tambang dan Mineral Indonesia.

b. Letak daerah pemasaran

Lokasi pabrik berada pada kawasan industri dan dekat dengan daerah industri di Surabaya. Prioritas utama pemasaran produk pabrik ini adalah pabrik – pabrik tekstil , kertas dan insektisida yang banyak terdapat di daerah Jawa Timur.

Lokasi yang dekat dengan tujuan pemasaran ini akan menekan biaya pengangkutan produk sehingga dapat diperoleh hasil penjualan yang maksimal.

c. Fasilitas pengangkutan

Lokasi pabrik yang terletak di kawasan industri dan dekat dengan jalan raya ini memungkinkan lancarnya pengangkutan bahan baku dan produk.

d. Tenaga kerja

Tenaga kerja yang produktif banyak, berasal dari Perguruan Tinggi di Surabaya baik itu S1 maupun D III dan teknisi serta lulusan SMK disekitar daerah Surabaya dan Gresik.

e. Perolehan ijin mendirikan pabrik lebih mudah diperoleh karena lokasi terletak dikawasan industri yang telah memperoleh perijinan.

a.4. Tinjauan Pustaka

Pembuatan Sodium Klorat dengan cara elektrolisis larutan klorid untuk pertama kalinya dilakukan secara komersil di Perancis pada tahun 1866 dengan menggunakan sel diafragma.

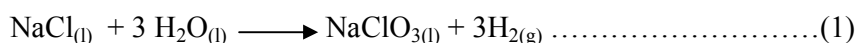
Sodium Klorat mulai diproduksi dengan elektrolisis dengan menggunakan sel tanpa diafragma dan dengan penambahan Natrium dikromat ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) pada tahun 1898. Penambahan Natrium dikromat pada reaksi ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya korosi pada sel.

1.4.1. Macam –macam proses

Kapasitas produksi Sodium Klorat di dunia pada tahun 1992 sekitar 2,3 juta ton dengan 1,61 juta ton diproduksi oleh pabrik di Amerika Utara. Proses pembuatan Sodium Klorat dilakukan dengan dua cara yaitu :

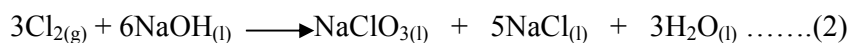
1. Menggunakan sel elektrolisis

Larutan NaCl jenuh dielektrolisis menjadi NaClO_3 sesuai reaksi berikut :



2. Klorinasi Kaustik Soda

Larutan NaOH diklorinasi secara tidak langsung menurut reaksi berikut :



Proses nomor (2) saat ini tidak lagi digunakan karena dinilai tidak ekonomis karena hanya untuk kapasitas kecil dan tidak berkembang sedangkan proses nomor (1) terus mengalami peningkatan.

(Mc. Ketta , 1983)

Selama kurun waktu 10 tahun sejak proses pembuatan Sodium Klorat, beberapa industri telah mengembangkan teknologi (proses) pembuatan Sodium Klorat dengan menggunakan sel elektrolisis. Hingga saat ini, 14 proses dengan menggunakan elektrolisis sel logam telah dikembangkan pada berbagai negara yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.4. Proses Pembuatan Sodium Klorat dan Negara pengembang.

PROSES	NEGARA
Canaxy – Squamish	Kanada
<i>Chemetics International – Solvay</i>	Kanada dan Eropa
<i>Chemwest</i>	Kanada
<i>De Nora</i>	Italia
<i>Eltech – Systems</i>	Amarika Serikat
<i>Albright dan Wilson Amaricas</i>	Kanada
<i>Huron</i>	Kanada
<i>Kemanord</i>	Swedia
<i>Kerbs</i>	Perancis
<i>Kerbskosmo</i>	Jerman
<i>Occidental</i>	Amerika Serikat
<i>Qulu Ox</i>	Finlandia
<i>Pennwalt</i>	Amerika Serikat
<i>Atochem</i>	Perancis

Teknologi Huron

Pada proses ini sel yang digunakan adalah bipolar dan sel *single-vessel*. Semua fungsi yang dibutuhkan pada sistem sel dikombinasikan melalui tangki single elektrolisis.

Tabel 1.5. Kondisi Proses Teknologi Huron

Kondisi Proses	Teknologi Huron
Tipe Sistem	Sistem Single
Jumlah dari sel bipolar per reaktor	vesell 24 unit sel/sel blok dengan 2 sel blok /per tangki
Pemakaian Energi	5,000 - 5,500
Volume	60 sampai 20
Temperatur Operasi	dias 65
pH	6,3 - 6,9
Evisiensi Arus	94,5

(Mc. Ketta , 1983)

1.4.2 Kegunaan Produk

Sodium Klorat (NaClO_3) merupakan senyawa padat berwarna putih dengan titik leleh 248°C dan terdekomposisi pada suhu 260°C . Adapun kegunaan Sodium Klorat dalam industri adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan pemutih (*bleaching agent*) dalam industri kertas dan pulp
2. Sebagai pengoksidasi dalam menghaluskan uranium
3. Sebagai obat pembasmi rumput liar dan insektisida.
4. Merupakan intermediet (bahan antara) pembuatan potassium klorat dan amonium perklorat
5. Sebagai pelembut pada pabrik tekstil (Austin,1984).

1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.3.1. Bahan baku utama

Sodium Klorit (Merck, p.1126)

A. Sifat fisis

1. Rumus molekul : NaCl
2. BM : 58,433 kg/kmol
3. Bentuk : Kristal kubik padat atau bubuk
4. Warna : putih atau jernih
5. Indeks bias : 1,5443
6. Titik leleh : 801°C
7. Titik didih : 1413°C
8. Sp gr : 2,163 g/ml
9. Kelarutan : 36 g/100g air pada 30°C(68°F)
10. pH : 6,7 – 7,3

B. Sifat Kimia

1. NaCl dapat diperoleh dari reaksi NaOH dan HCl sehingga pH nya netral
2. ikatan ionik kuat (Na⁺)+(Cl⁻) selisih elektronegatifnya lebih dari 2
3. arutannya merupakan elektrolit kuat karena terionisasi sempurna pada air.

1.4.3.2. Bahan baku pembantu

Asam Klorida (Perry,1984)

A. Sifat fisis

1. Rumus molekul : HCl
2. BM : 36,461 kg/kmol
3. Bentuk : Cair
4. Warna : kekuning-kuningan
5. Titik beku : -74oC
6. Titik didih : 53oC
7. Sp. Gr :1,48 g/ml

- | | |
|--------------|-----------------|
| 8. Density | : 1,18 g/mL |
| 9. Kelarutan | : tak terhingga |
| 10. pH | : 0,1 (1N) |
| | : 1,1 (0,1N) |
| | : 2,02 (0,02N) |

B. Sifat Kimia

1. Merupakan elektrolit kuat
2. Merupakan asam kuat

Natrium Dikromat (Merck, p.1128)

A. Sifat fisis

- | | |
|------------------|--------------------------------------|
| 1. Rumus molekul | : $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ |
| 2. BM | : 262,968 kg/kmol |
| 3. Bentuk | : kristal |
| 4. Warna | : merah-orange |
| 5. Titik leleh | : 84,6oC |
| 6. Titik didih | : 400oC |
| 7. Indeks bias | : 1,6994 |
| 8. Sp.gr | : 2,53 g/ml |
| 9. pH | : 3,5 (larutan 1%) |
| 10. Kelarutan | : 426,3 g/100 g air pada 100 oC |

Air (Perry,1984)

A. Sifat fisis

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1. Rumus molekul | : H_2O |
| 2. BM | : 18 kg/kmol |
| 3. Bentuk | : Cair |
| 4. Warna | : Tidak berwarna |
| 5. Titik leleh | : 0oC |
| 6. Titik didih | : 100oC |
| 7. Temperatur kritis | : 647,3 g/ml |

8. Tekanan kritis : 226,5 g/mL
9. Densitas : 0,998 g/cm³
10. Panas pembentukan : -68,3174 kkal/gmol

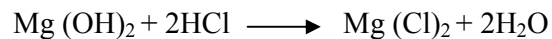
Magnesium Hidroksida(Perry, 1984)

A. Sifat Fisis

1. Rumus Molekul : Mg(OH)₂
2. BM : 58,32 gr/mol
3. Sistem Kristal : Hexagonal
4. Densitas : 2,36 g/cm³
5. Warna : Tidak berwarna
6. Titik Lebur : 350⁰C
7. ΔH_{f298} : - 924,54 Kj/mol
8. ΔG_{f298} : - 833,58 Kj/mol
9. Cp₂₉₈ : 77,03 J/molK

B. Sifat Kimia

- a. Mg (OH)₂ bersifat basa karena mengandung ion hidroksida
- b. Bereaksi dengan asam membentuk garam.



1.4.3.3. Produk

Sodium Klorat (Merck, p.1126)

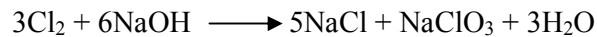
A. Sifat fisis

1. Rumus molekul : NaClO₃
2. BM : 106,441 kg/kmol
3. Bentuk : kristal kubik/tertragonal padat
4. Warna : putih
5. Titik dekomposisi : 260oC
6. Higroskopis : 300oC
7. Sp.gr. : 1,442 pada 25oC

- 8. Viskositas : 1,52 cp pada 25oC
- 9. Panas pelelehan : 21,3 kJ/mol
- 10. Kelarutan : 100g/100 g air pada 20°C
- 11. Titik leleh : 248°C

B. Sifat Kimia

- a. NaClO₃ dapat terbentuk apabila larutan NaOH dipanaskan



Hidrogen (Perry,1984)

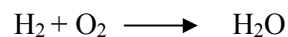
A. Sifat fisis

- 1. Rumus molekul : H₂
- 2. BM : 2,012 kg/kmol
- 3. Bentuk : Gas
- 4. Titik didih : -252,61°C
- 5. Titik lebur : -259,04°C
- 6. Sp. Gr : 0,0709 g/ml
- 7. Tekanan kritis : 2,74 atm
- 8. Volume kritis : 0,065 cm³/mol

B. Sifat Kimia

H₂ dapat bereaksi dengan oksigen yang membentuk air.

Reaksi :



1.4.4. Tinjauan Proses

Secara umum proses pembuatan Sodium Klorat merupakan rangkaian proses yang cukup kompleks dan menarik karena proses ini mencakup hampir semua unit operasi yang digunakan dalam proses-proses industri kimia. Unit proses yang tercakup di dalamnya adalah reaktor kimia berupa reaktor sel elektrolisis, evaporasi, kristalisasi, filtrasi,

sentrifugasi, pengeringan, pengangkutan bahan padat, dan pertukaran panas.

Reaksi utama terjadi di dalam reaktor yang berupa sel elektrolisis dengan menggunakan *katoda* dan *anoda titanium*.

Reaksi berjalan pada tekanan atmosferis dengan temperatur proses 65 °C. Efisiensi arus masuk 99,5% umpan berupa larutan NaCl jenuh yang telah dimurnikan dikonversi menjadi NaClO₃ menurut reaksi :



Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam proses elektrolisis larutan NaCl ini adalah sebagai berikut :

1. persiapan kondisi umpan sel elektrolisis

Larutan garam (NaCl) yang akan dielektrolisis harus dimurnikan terlebih dahulu mengingat larutan NaCl masih mengandung impuritas yang dapat memberikan dampak negatif dalam proses. Syarat larutan NaCl yang siap diumpankan ke sel elektrolisis adalah dengan kemurnian 99,5% dengan impuritas maksimum 0,5% (H₂O 0,5%) (Mc.Ketta ,1983).

2. konfigurasi elektroda dan bahan konstruksi reaktor

Satu hal yang membedakan antara reaktor sel elektrolisis dengan reaktor lainnya adalah konstruksi reaktor tersebut. Dalam sel elektrolisis konfigurasi elektroda yang digunakan adalah sel bipolar dimana beberapa unit sel dirangkai dalam satu vessel dengan bahan konstruksi terbuat dari PVC untuk mencegah kekorosifan larutan NaCl.

3. kebutuhan energi

Kebutuhan energi sel elektrolisis merupakan fungsi efisiensi arus dan tegangan sel.

Efisiensi arus adalah fungsi dari laju alir bahan masuk, pH dan temperatur sel serta desain apakah *monopolar* atau *bipolar*. Secara umum, efisiensi berkisar 94-99,5%.

4. pH sel, tekanan dan temperatur reaktor

Untuk memperoleh efisiensi arus yang tinggi dan demi keselamatan pabrik, sel harus dikontrol pada pH 6 – 7. Sedangkan temperatur dijaga pada 65°C pada tekanan 1 atm.

Pada sel elektolisis, kemungkinan terbentuknya alkali cukup besar akibat pelepasan Cl₂ selama operasi berlangsung, karena itu perlu penambahan HCl secara cermat untuk mempertahankan pH sel pada 6 – 7. Kekurangan penambahan HCl akan mengakibatkan oksigen dalam sel semakin besar sehingga dapat mengakibatkan timbulnya ledakan.

Sebaliknya, kelebihan HCl akan menimbulkan ledakan karena kandungan Cl₂ yang berlebihan. Reaksi yang terjadi;

